

서비스형 기계학습 (MLaaS, Machine Learning as a Service) 시장 동향 및 기능 요구사항 표준

신성필 인공지능 기반기술(PG1005) 간사, 한국전자통신연구원 표준연구본부 연구원

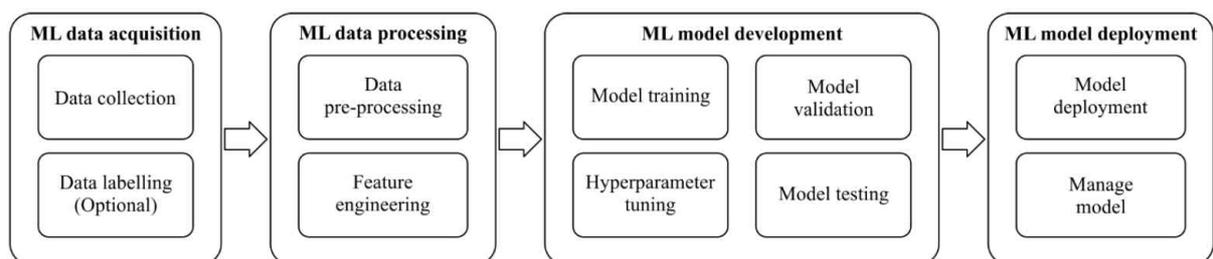
1. 머리말

인공지능(AI, Artificial Intelligence)의 핵심기술인 기계학습(ML, Machine Learning)은 현재 다양한 산업분야 및 시장에서 활용되고 있다. 특히 영상처리, 자연어처리, 자율주행 등의 분야에서는 사람 수준 혹은 그 이상의 성능을 보이며 사진 보정, 물체 인식, 챗봇(Chat-Bot), 자율주행 자동차, 로봇 등 다양한 어플리케이션과 제품으로 시장 가치를 창출하고 있다. 일반적으로 고성능의 기계학습 모델을 개발하기 위해서는 대용량의 학습데이터, 학습을 처리하기 위한 대용량의 리소스, 복잡한 학습 모델 등이 필요하여 온프레미스(on-premise) 환경에서 구축하기 어려움이 있다. 이를 클라우드 컴퓨팅 환경에서 간편하고 효과적으로 제공하기 위한 서비스가 서비스형 기계학습(MLaaS, Machine Learning as a Service)이다. 서비스형 기계학습은 구글, 아마존, 마이크로소프트, 네이버, LG CNS 등의 클라우드 기업이 서비스를 제공하고 있으며, 최근 관련 시장 규모가 급격히 성장하였다. 본 논문에서는 기계학습의 개요 및 클라우드 환경에서의 이점 등을 설명하고, 관련 시장 및 대표적인 표준인 ITU-T Y.3531을 소개한다.

2. 서비스형 기계학습(MLaaS)의 개요

2.1 기계학습 개발 프로세스 및 특징

기계학습은 데이터를 통해 기계가 스스로 학습하여 주어진 문제를 해결하는 컴퓨터 알고리즘의 분야이다. 기계학습은 개발자가 특정 상황에서 특정 반응을 논리적(logical) 혹은 규칙 기반(Rule-based)으로 구현하는 명시적 프로그래밍(explicit programming)과는 다르게, 자료를 통하여 특정 상황에서의 반응을 자동적으로 배우게 하는 암시적 프로그래밍(implicit programming) 방식을 사용한다. 이러한 기계학습 모델의 개발은 일반적으로 [그림 1]과 같이 학습 데이터의 수집 및 레이블링, 학습 데이터 전처리, 모델 학습 및 검증 단계, 학습된 모델 배포의 프로세스를 갖는다.



Y.3531(20)_F6-1

[그림 1] 일반적인 기계학습 개발 절차[1]

여러 기계학습 방식 중 현재 가장 많이 쓰이는 기계학습 방식은 복잡한 인공신경망(artificial neural network) 구조를 기반으로 데이터를 학습하는 딥러닝(deep learning)이다. 딥러닝의 복잡한 인공신경망은 다층의 레이어로 구성되는 노드들이 서로 연결된 망(network)의 형태로 구성된 것을 의미하며, 학습 데이터를 통해 노드 사이의 연결된 파라미터(parameter) 혹은 가중치(weight) 값을 조정하는 방식으로 학습이 진행된다.

일반적으로 딥러닝은 데이터의 양이 많아질수록 학습 정확도가 증가하는 특징이 있으며[2], 고성능 딥러닝 모델의 경우 복잡하고 방대한 파라미터 수를 요구한다[3]. 현재 자연어처리 분야에서 가장 뛰어난 알고리즘으로 알려진 OpenAI의 GPT-3 모델에는 총 1,750억개의 파라미터와 약 5,000억개의 학습 데이터가 모델 개발에 사용되었다[4].

딥러닝의 성능이 오버피팅(overfitting)이나 기울기 소멸(vanishing gradient) 등의 문제로 인하여 반드시 데이터의 양과 모델의 복잡도에 비례하여 증가하는 것은 아니지만, 대부분의 고성능 딥러닝 모델은 상당한 양의 데이터와 파라미터를 요구한다[2].

이러한 부담에도 불구하고 딥러닝을 사용하는 이유는 인지, 예측, 생성 등 다양한 업무에서 기존 기술에 비하여 현저하게 뛰어난 성능을 보이기 때문이다. 최근에는 이를 전문적이고 효율적으로 처리하기 위한 신경처리장치(NPU, Neural Processing Unit)까지 개발되었다. 이를 활용하면 신경망의 컴퓨팅 처리에서 기존 CPU와 GPU보다 높은 에너지 효율과 단축된 학습시간 성능을 얻을 수 있다.

2.2 MLaaS 개요 및 클라우드 환경의 장점

서비스형 기계학습(MLaaS)은 클라우드 환경에서 기계학습 시스템을 개발하는데 필요한 프레임워크 및 개발 환경을 제공하기 위한 서비스이다. 앞서 2.1절에서 설명한 것처럼 기계학습은 전체 프로세스 중 모델 학습 과정에서 상대적으로 많은 양의 컴퓨팅 리소스를 요구하게 된다. 특히 복잡한 구조의 딥러닝의 경우 대규모의 가중치를 계산하기 위한 리소스가 학습 프로세스 단계에서 한시적으로 필요하게 되는데, 한시적으로 사용되는 리소스를 위해 고비용의 시스템을 구축하는 것은 인공지능 개발자 혹은 기업에 큰 부담이 될 수 있다.

MLaaS는 클라우드 환경에서 이러한 부담을 해결할 수 있는 솔루션으로 개발자 및 사업체의 수요가 큰 시장이다. 클라우드 환경에서 개발자는 딥러닝 학습을 위한 고비용의 컴퓨팅 환경을 자체 구축할 필요 없이, 학습 단계에서만 컴퓨팅 자원을 임대하여 학습을 진행할 수 있다. 단발성 프로젝트의 경우 이러한 클라우드 컴퓨팅 환경을 사용해 학습 단계 이외에는 필요 없는 고비용의 시스템을 단기간에 구축할 수 있기에 비용과 시간 측면에서 상당히 효율적일 수 있다.

학습 데이터 공급의 측면에서도 클라우드는 개발자에게 이점을 제공한다. 특히 기존 클라우드의 빅데이터 서비스나 서드파티의 데이터 생태계를 활용하여 기계학습 시스템 개발에 필요한 학습 데이터에 손쉽게 접근할 수 있다. 학습 데이터의 적절성이나 품질 역시 서비스 제공자를 통해 감사(audit)되기 때문에 사용자는 고품질의 데이터를 만들기 위해 들어가는 비용과 시간 등의 수고를 절감할 수 있다.

이 밖에도, 최근 클라우드 시장에서 서비스형 기계학습 생태계가 확장되면서 이미 검증된 기

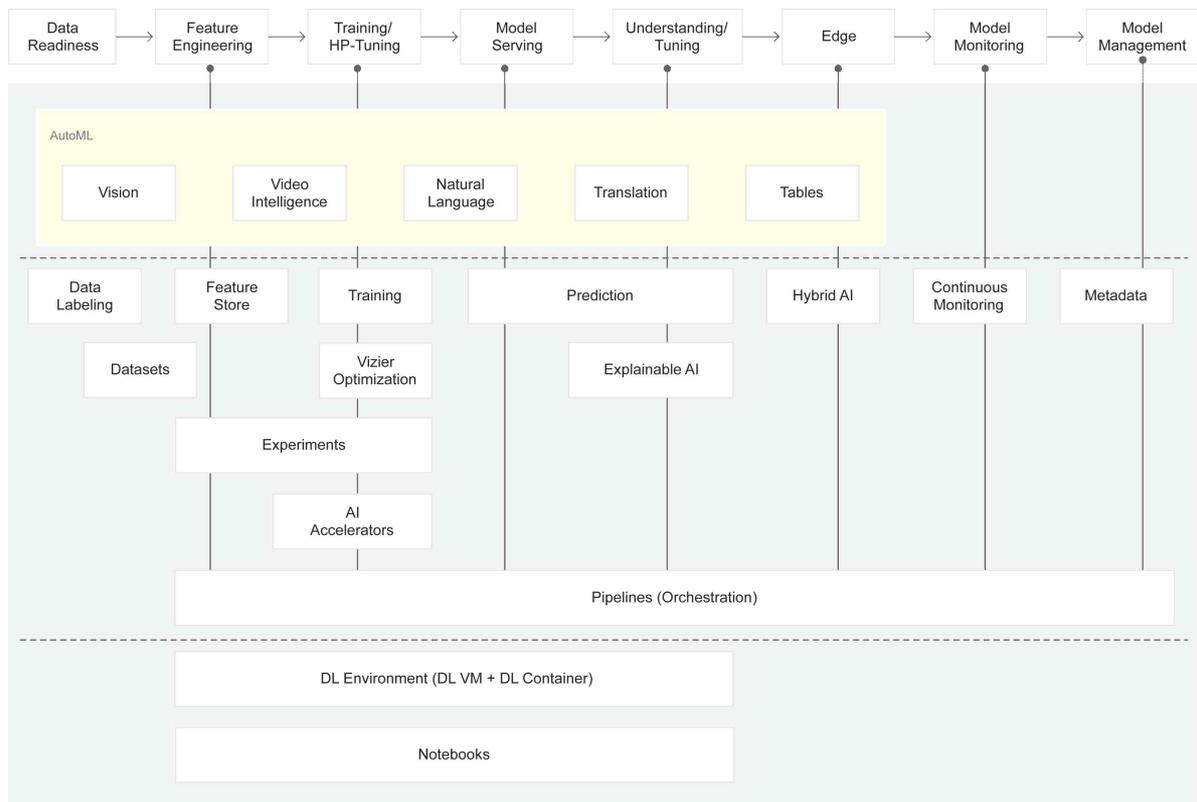
계학습 모델, 최신의 기계학습 프레임워크, NPU와 같은 최신 딥러닝 전문 하드웨어 등을 클라우드사로부터 제공받을 수 있다는 편의성도 개발자에게 큰 장점이 될 수 있다.

3. 서비스형 기계학습 시장 플랫폼

현재 서비스형 기계학습은 국내외 클라우드 업체에서 서비스되고 있다. 해외 기업으로는 구글, 아마존, 마이크로소프트 등이 대표적이며, 국내 기업 중에서는 네이버, LG CNS, 삼성 SDS 등이 기계학습 서비스를 제공하고 있다. 본 절에서는 몇 가지 대표적 서비스형 기계학습을 제시하고 동향을 소개한다.

3.1 구글 GCP Vertex AI

구글의 클라우드 서비스인 GCP(Google Cloud Platform)에서는 2016년부터 GCPMachine Learning이라는 이름으로 기계학습 프레임워크를 서비스하였다. 최근에는 서비스를 확장하여 Vertex AI로 서비스명을 변경, 자사 인공지능 솔루션을 제공하는 서비스형 인공지능(AIaaS, Artificial Intelligence as a Service)으로 확장하였다. 전체 개발 단계를 모니터링할 수 있는 파이프라인 형태의 사용자 인터페이스를 제공한다.



※출처: <https://cloud.google.com/vertex-ai?hl=ko#section-7>

[그림 2] 구글사의 GCP Vertex AI 프로세스

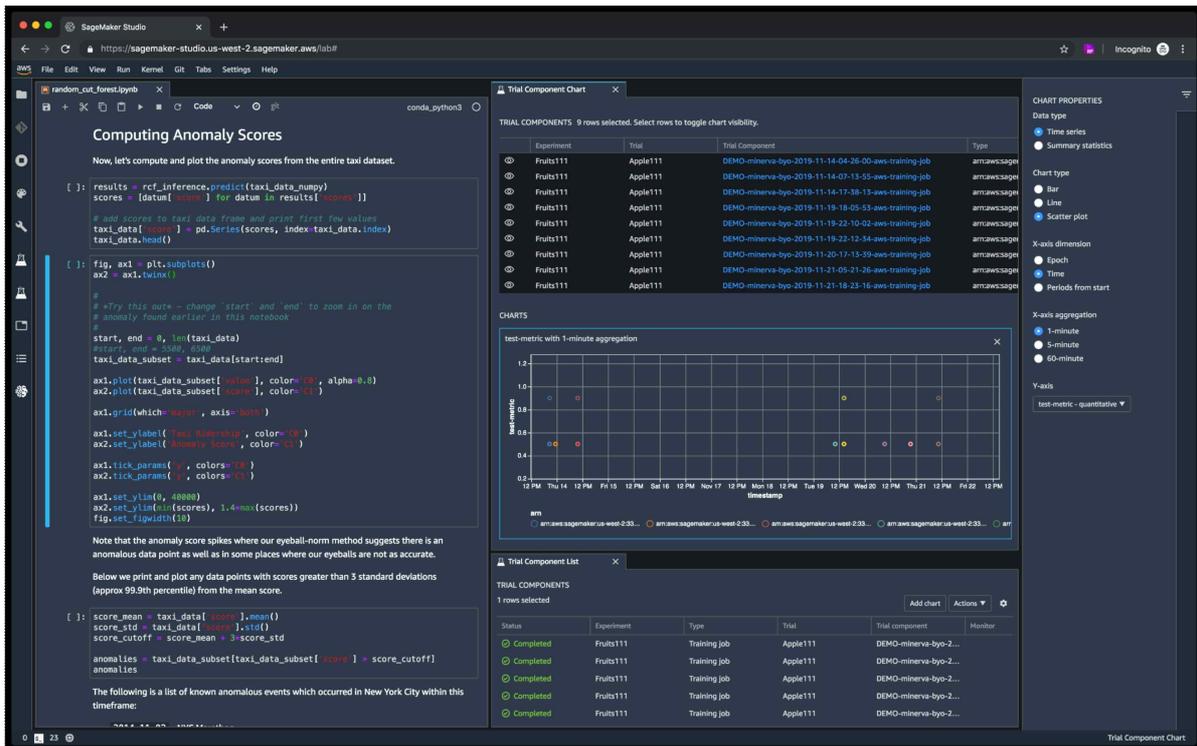
[그림 2]는 구글의 GCP Vertex AI의 기계학습 개발 프로세스 예시이다. Vertex AI에서는 기본적으로 GCP에서 제공하는 빅데이터 플랫폼인 BigQuery, Dataproc, Spark를 기반으로 학습 데

이더를 수집 및 관리하기 때문에 사용자는 기존 사용하던 클라우드 서비스를 연계하여 사용할 수 있다. 학습 과정에서는 시각처리, 자연어 처리 등 특정 기계학습 업무 영역에서 자동화된 기계학습(AutoML, Automated Machine Learning)의 지원으로 손쉽게 학습된 모델을 빌드할 수 있다. 학습 가속을 위해 구글이 개발한 NPU인 TPU(Tensor Processing Unit)를 사용했고, 기계학습 신뢰성을 위한 설명가능성 등이 사용자의 편의를 위해 제공되고 있다.

3.2 아마존 AWS SageMaker

아마존 SageMaker는 2017년도부터 아마존클라우드 컴퓨팅 플랫폼인 AWS에서 서비스되는 MLaaS이다. 서비스 초기부터 사용자 친화적인 학습 프로세스와 사용 사례 등을 제공했으며, 현재는 학습 데이터 수집 및 준비, 구축(build), 훈련 및 튜닝, 배포 단계로 진행되는 전체 과정을 손쉽게 수행할 수 있는 개선된 통합 개발 환경(IDE, Integrated Development Environment)을 제공하는 것이 특징이다.

머신러닝 개발 과정을 파이프라인으로 추적하고, 기존 빅데이터 서비스와 연동하는 등 대체로 GCP의 VertexAI와 유사한 서비스를 제공한다. 추가로 아마존에서 개발한 학습된 모델(Trained ML model)을 손쉽게 사용할 수 있다. 2021년 기준 문자 음성변환기(Text-to-speech) Polly, 챗봇 모델 Lex, 영상인지 모델 Rekognition, 텍스트 분석 모델 comprehend, 번역기 모델 transcribe를 서비스 중이다.



※출처: <https://aws.amazon.com/ko/sagemaker/studio/>
 [그림 3] AWS SageMaker의 IDE 개요 및 파이프라인

3.3 네이버 Tensorflow Server 및 CLOVA AI Service

네이버에서도 자사 클라우드 서비스인 NAVER Cloud Platform에서 MLaaS를 제공하고 있다. Tensorflow Server라고 불리는 이 서비스는 주요 기계학습 분석 패키지인 Tensorflow, Keras,

PyTorch 등을 쓸 수 있는 가상환경을 제공한다. 네이버는 MLaaS보다는 AaaS에 집중된 서비스 생태계를 가지고 있다. 특히 자사 인공지능 플랫폼인 CLOVA로 다양한 기계학습 알고리즘 기반 학습 모델들이 제공된다. 인공지능 스피커로 유명한 자사 음성지능 솔루션을 포함하여 다양한 서비스가 그림 4와 같이 클라우드 환경을 통하여 서비스되고 있다. 2021년 현재 국내 환경에 적합한 음성과 언어 관련 서비스, 얼굴인식, 번역기, 이미지 처리 등 다양하고 세분화된 머신러닝 모델을 제공하는 것이 장점이다.

AI Services

<p>CLOVA AiCall</p> <p>AI 고객 센터를 쉽게 만들고 비즈니스에 활용할 수 있습니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Speech Update</p> <p>깊고 복잡한 음성을 텍스트로 바꿔주며 다양한 음성인식 서비스에 활용할 수 있습니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Voice</p> <p>고품질 음성 합성 기술로 다양하고 자연스러운 목소리 제공</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>CLOVA Dubbing</p> <p>CLOVA Dubbing은 CLOVA Voice의 음성합성 기술로 제작한 자연스러운 AI 보이스를 동영상에 쉽게 더할 수 있는 서비스입니다. 다양한 보이스를 들어보고 콘텐츠를 제작해보세요.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Chatbot</p> <p>사용자의 질문 의도를 이해하여 고객 대응 등 다양한 서비스에 활용할 수 있는 Chatbot을 손쉽게 만들 수 있습니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA OCR Update</p> <p>인쇄물 상의 글자와 이미지를 디지털 데이터로 자동으로 추출하는 기술입니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>CLOVA Sentiment</p> <p>텍스트에 담긴 감정을 분석하는 서비스입니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Summary</p> <p>다양한 주제의 긴 문서를 요약하여 핵심 문장을 알려줍니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Face Recognition(CFR)</p> <p>이미지 속의 얼굴을 감지하고 인식하여 얻은 다양한 정보를 제공합니다</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>CLOVA Speech Synthesis(CSS)</p> <p>입력한 텍스트를 자연스러운 목소리로 재생해주는 음성 합성 API입니다</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Premium Voice(CPV)</p> <p>CLOVA의 인공지능 기술로 더 사람같은, 고품질의 합성 음을 제공합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>CLOVA Speech Recognition(CSR)</p> <p>사람의 목소리를 텍스트로 바꿔주어 다양한 음성 인식 서비스에 활용할 수 있습니다</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>Papago Translation</p> <p>입력한 텍스트를 인공지능 기반 번역 알고리즘을 통해 여러 나라의 언어로 자동 번역해줍니다</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>Papago Image Translation</p> <p>이미지 상의 텍스트를 자동으로 인식하고 여러 나라의 언어로 번역합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>Papago Korean Name Romanizer</p> <p>현행 로마자 표기법에 맞춰 한글 이름을 로마자로 변환해줍니다</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>TensorFlow Server</p> <p>대표적인 딥 러닝 프레임워크인 TensorFlow와 머신러닝 패키지가 설치된 서버(GPU 선택 가능)를 제공합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>TensorFlow Cluster</p> <p>CLI를 사용하여 TensorFlow 분산병렬 처리 환경을 클라우드에서 간편하고 쉽게 구성합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>Pose Estimation</p> <p>이미지 속의 사람을 감지하고 몇명이 어떤 포즈를 취하고 있는지에 대한 좌표 정보를 얻을 수 있습니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>
<p>Object Detection</p> <p>이미지 내 사람 및 자동차 등 객체의 타입과 위치를 감지하여 정보를 제공합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	<p>AiTEMS New</p> <p>사용자의 이력을 파악하여 관심사와 취향을 분석해 맞춤형 개인화 추천 서비스를 제공합니다.</p> <p>자세히 보기 ></p>	

출처: <https://www.ncloud.com/product/aiService>

[그림 4] 네이버 클라우드 플랫폼의 ML 및 AI 서비스

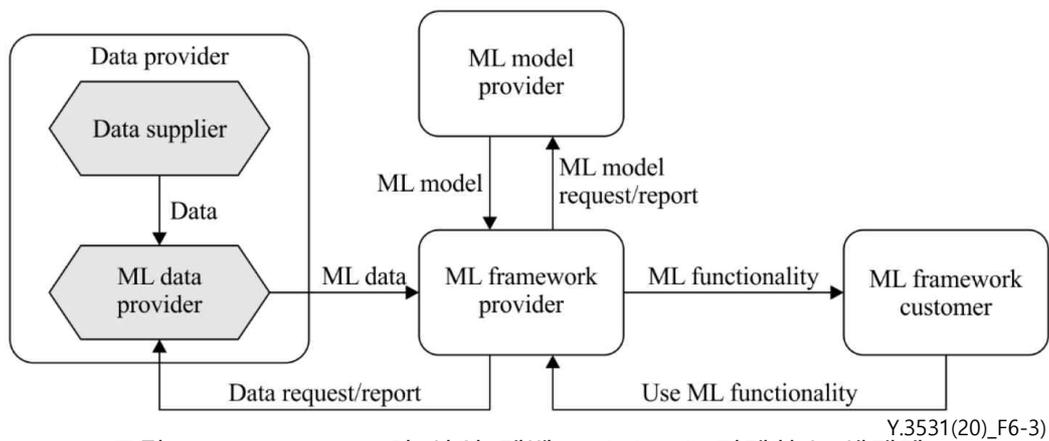
4. 서비스형 기계학습 표준

서비스형 기계학습 관련 표준으로는 2020년 9월 제정된 ITU-T Y.3531(클라우드 컴퓨팅 - 서비스형 기계학습 기능 요구사항, Cloud computing - Functional requirements for machine learning as a service) 표준이 있으며, 국내에는 이를 준용한 TTAE.IT-Y.3531 표준이 2021년 6월 제정되었다.

ITU-T Y.3531은 기존 ITU-T의 클라우드 컴퓨팅 표준인 Y.35xx 시리즈를 기반으로 클라우드 컴퓨팅 생태계 이해관계자(stakeholders)가 서비스형 기계학습 서비스를 제공하고 사용하기 위하여 필요한 기능 요구사항들을 정의한다. 본절에서는 ITU-T Y.3531 표준의 시스템 구조와 기능 요구사항을 간략히 설명한다.

4.1 ITU-T Y.3531의 기계학습 시스템 구조

Y.3531 문서에서 기계학습은 기본적으로 [그림 5]와 같이 상위 레벨의 기계학습 생태계를 가정한다. 기계학습 생태계에는 데이터 제공자, 기계학습 프레임워크 제공자, 기계학습 모델 제공자, 기계학습 프레임워크 고객이 있다.

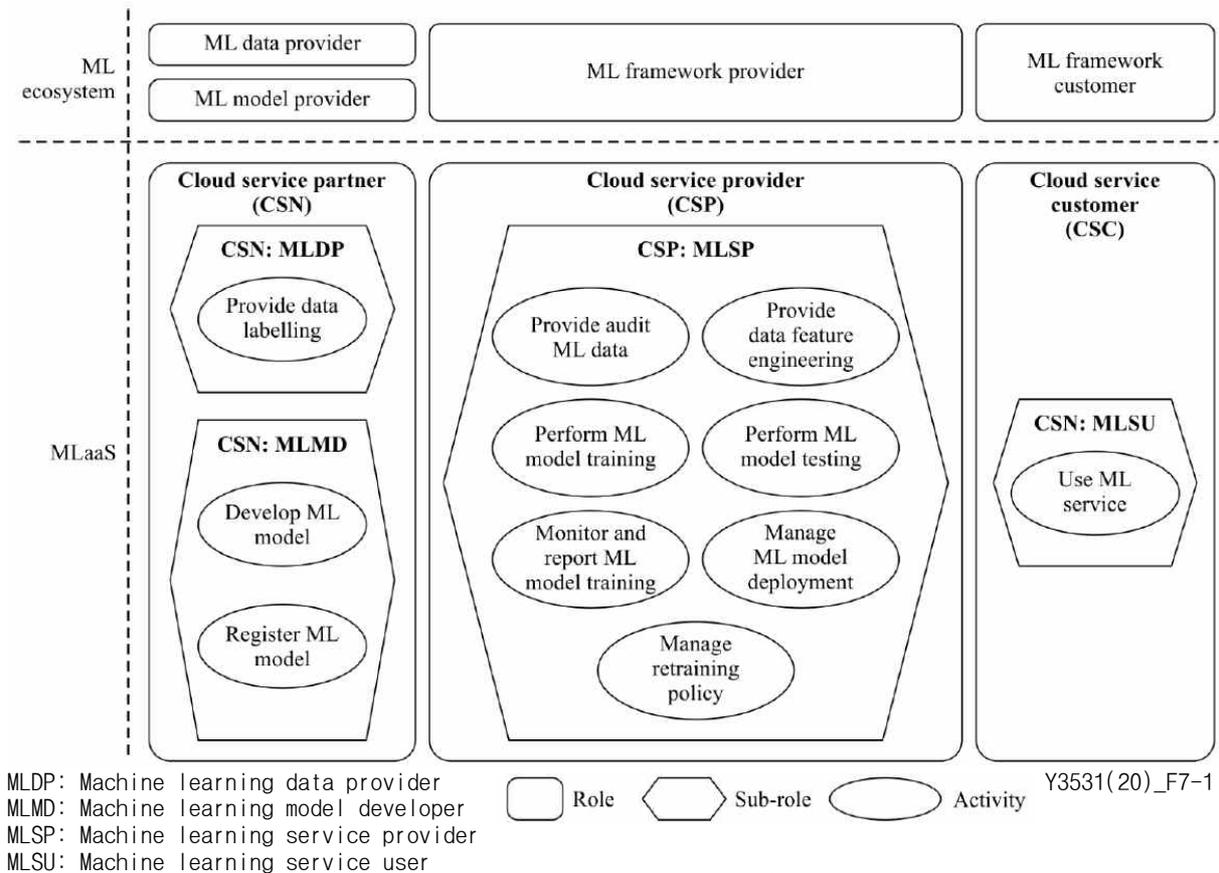


[그림 5] ITU-T Y.3531의 상위 레벨(High-level) 기계학습 생태계[1]

실제 기계학습 필드에서는 다양한 기업 혹은 오픈소스 진영에서 표준 생태계의 역할을 수행하고 있다. 예를 들어, 데이터 제공자의 경우 Toloka, Labelbox, Supervisely 등의 기업이 학습 데이터를 제공하고 있으며, 국내에는 크라우드웍스 등의 기계학습용 데이터 전문 기업들이 있다. 프레임워크 제공은 주로 오픈소스 라이브러리에 의해 이뤄지며, Tensorflow, PyTorch, Keras 등의 기계학습용 SW 기능 패키지 세트들을 예로 들 수 있다. 기계학습 모델의 경우 서드파티나 개인 개발자들을 통해 개발된 모델이 프레임워크로 제공되는 경우를 볼 수 있으며, AWS, GCP 등 클라우드 기업이 개발한 자체 솔루션이 클라우드 환경에서 프레임워크에 제공될 수도 있다. 기계학습 프레임워크 고객은 이러한 생태계에서 프레임워크에 데이터와 모델을 로드하여 기계학습 학습/검증 등을 포함한 개발 활동을 할 수 있다.

[그림 5]에서 소개한 상위 개념의 기계학습 서비스 생태계를 클라우드 환경에서 제공하기 위하여 Y.3531에서는 신규로 정의된 클라우드 컴퓨팅 시스템의 하위역할(sub-role)과 활동(activity)이 [그림 6]과 같이 추가되었다. 이는 기존 ITU-T Y.3502 클라우드 컴퓨팅 참조구조

(Cloud computing-Reference architecture)표준의 클라우드 컴퓨팅 사용자 관점(user view)의 클라우드 구조를 확장한 것이다. 신규로 정의된 '클라우드 서비스 제공자:기계학습 서비스 제공자(CSP:MLSP)', '클라우드 서비스 파트너:기계학습 데이터 제공자(CSN:MLDP)', '클라우드 서비스 파트너:기계학습 모델 제공자(CSN:MLMD)', '클라우드 서비스 고객:기계학습 서비스 사용자(CSC:MLSU)'는 각각 [그림 5]의 상위 레벨 생태계의 역할들과 매핑이 된다.



[그림 6] Y.3531의 MLaaS 시스템 구조[1]

클라우드 표준에서는 일반적으로 클라우드에서 제공되는 서비스가 클라우드 파트너에 의해 개발, 감사되고 브로커를 통해 제공자에게 전달된다. 이러한 역할은 실제 시장에서는 서드파티 개발사가 단독 수행할 수도 있으나, 클라우드 컴퓨팅 제공 업체를 통해 모든 역할이 수행되기도 한다. 실제로 시장에서는 클라우드 서비스 기업이 표준 클라우드 서비스 파트너의 역할을 수행하는 경우가 상당히 많다. 2018년 Y.3531의 문서 개발 초기 시점에서 기계학습 개발은 하나의 사업자가 모든 역할을 수행하는 경우가 많아 역할정립 단계에서 이견이 많이 있었으나, 문서가 제정된 현재 시점에서는 해당 역할들이 실제로 다양한 사업으로 분할되어 시장에 나타나고 있다.

4.2 ITU-T Y.3531의 기능 요구사항

Y.3531의 본문 8절 MLaaS 기능 요구사항에는 수십여 개의 기능 요구사항이 명세화되어 제공 중이다. Y.3531에서는 구체적으로 다음과 같이 총 7가지 분류로 기능 요구사항들이 제공되고 있다.

- ① 기계학습 데이터 수집/저장 요구사항
- ② 기계학습 데이터 레이블링 요구사항
- ③ 기계학습 데이터 전처리 요구사항
- ④ 기계학습 데이터 분석/특성공학 요구사항
- ⑤ 기계학습 모델 훈련 요구사항
- ⑥ 기계학습 모델 모니터링 요구사항
- ⑦ 기계학습 훈련 모델 배포 및 재학습 요구사항

각 기능 요구사항의 대표적 특징은 다음과 같다. ①기계학습 데이터 수집/저장 요구사항, ③ 기계학습 데이터 전처리 요구사항, ④기계학습 데이터 분석/특성공학 요구사항의 경우 기존 클라우드 컴퓨팅 환경 기반 빅데이터 표준인 Y.3600의 요구사항들이 활용되었다. 이는 실제 필드에서 다양한 클라우드 기업들이 자사의 빅데이터 서비스를 머신러닝과 연계하는 기능에 대응된다. 특히 ④의 기계학습 데이터 분석 관련 요구사항은 기존 빅데이터 분석기법으로 표준화된 분류(classification), 클러스터링(clustering) 등을 기계학습에서도 포괄적인 기술로 동일하게 제공하기 위해 재사용되었다. ②기계학습 데이터 레이블링 요구사항의 경우 정규화된 레이블링 도구와 레이블링의 적합성을 감사하기 위한 검증 기능 등이 포함된다. ③~⑦의 기계학습 모델 훈련, 모델 모니터링, 모델 배포의 기능 요구사항의 경우 현재 클라우드 서비스 기업에서 제공되는 IDE 및 프로세스 시각화, AutoML 등의 기능 요구사항들이 정의되어 제공되고 있다.

Y.3531에는 Tensorflow 2.0 등의 프레임워크에서 지원하는 분산 기계학습에 대한 기능 요구사항이 명시되어 있다. 해당 기능은 분산환경에서 파라미터 서버 기반의 분산 학습, 연합 학습(federated learning) 기반의 전략 등 다양한 전략들을 클라우드 환경에서 제공하기 위한 것이다. 현재 이러한 서비스가 구글, IBM, 아마존에서 IoT나 Edge 형태의 시스템 구조와 연계하여 제공되는 서비스가 개발되고 있다.

5. 맺음말

본 논문에서는 MLaaS의 특징과 시장 동향, 그리고 대표적인 표준인 ITU-T Y.3531에 대하여 소개하였다. 3절에서 살펴본 것처럼 현재 클라우드 시장에서 MLaaS는 기존의 ML 개발 환경 제공을 넘어 검증된 기계학습 모델을 인공지능 솔루션으로 제공하는 AlaaS의 형태로 확장되고 있다. 향후 관련 표준화 작업도 시장변화에 맞춰 ML과 AI에 대한 정의를 확립하고 AlaaS에 관한 표준을 제정하는 쪽으로 진행하는 것이 필요해 보인다. MLaaS 표준과 관련하여서는 향후 기능 요구사항을 기반으로 참조구조를 도출하는 표준화 활동이 진행될 것으로 예상된다.

[주요 용어 풀이]

- 기계학습(Machine Learning, ML): 컴퓨터 프로그램이 데이터와 처리 경험을 이용한 학습을 통해 정보 처리 능력을 향상시키는 것. 또는 이와 관련된 연구.
- 딥러닝(심층 기계 학습, Deep learning): 일반적인 기계 학습 모델보다 더 깊은 신경망 계층

구조를 이용하는 기계 학습.

- 인공 신경망(Artificial Neural Network, ANN): 사람 또는 동물 두뇌의 신경망에 착안하여 구현된 컴퓨팅 시스템의 총칭.

[참고문헌]

- [1] Recommendation ITU-T Y.3531, "Cloud computing - Functional requirements of machine learning as a service", 2020.
- [2] M. Alom et al., "A State-of-the-Art Survey on Deep Learning Theory and Architectures.", vol. 8(3), Electronics, 2019.
- [3] S. Bianco, et al., "Benchmark Analysis of Representative Deep Neural Network Architectures.", IEEE Access, vol. 6, pp. 64270–64277, 2018.
- [4] Brown, Tom B., et al., "Language models are few-shot learners.", arXiv preprint arXiv:2005.14165, 2020.
- [5] Google GCP VertexAI, <https://cloud.google.com/vertex-ai>.
- [6] AWS SageMaker Studio, <https://aws.amazon.com/ko/sagemaker/studio>.
- [7] Naver AI Service, <https://www.ncloud.com/product/aiService>.
- [8] Recommendation ITU-T Y.3502, "Information technology - Cloud computing - Reference architecture", 2014.
- [9] Recommendation ITU-T Y.3600, "Big data - Cloud computing based requirements and capabilities", 2015.

※ 출처: TTA 저널 제198호